

Proposição de solução atenuadora da poluição sonora causada por instalações e sistemas de telecomunicações em ambientes urbanos

Paulo Henrique Trombetta Zannin

Prof. Dr.-Ing., Laboratório de Acústica Ambiental, Industrial e Conforto Acústico, UFPR, Brasil
paulo.zannin@gmail.com

Erik de Lima Andrade

Doutorando em Ciências Ambientais, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba – UNESP, Brasil
eng.erik@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar o ruído gerado por gabinetes metálicos de estações de transmissão de telecomunicações, antes e após a implantação de sistema atenuador sonoro. A primeira etapa consistiu na instalação do sistema atenuador, composto de placa de lã de vidro, no topo de um gabinete metálico, comparando-se os resultados com um gabinete sem a instalação do sistema. As velocidades usadas do sistema de resfriamento dos gabinetes foi a média e máxima. As medições de ruído seguiram as diretrizes da NBR 10151 e o descritor acústico usado foi o nível médio equivalente (Leq). Após constatação da efetividade da instalação do sistema na atenuação sonora, realizou-se a adequação de vários gabinetes, em instalações localizadas em duas cidades do sul do Brasil, uma situada em área residencial com casas no entorno e outra no topo de um prédio residencial. Constatou-se ao final do estudo que o sistema atenuador foi efetivo para redução no ruído gerado pelos gabinetes, tanto na velocidade média quanto na máxima, em ambas localidades. Ainda que os níveis sonoros finais não tenham alcançado aqueles recomendados pela norma nacional NBR 10151, de conforto acústico para comunidades, os residentes próximos das instalações relataram melhoria no ambiente acústico local.

PALAVRAS-CHAVE: Ruído ambiental. Conforto acústico. Nível de pressão sonora.

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento demográfico e expansão dos ambientes urbanos de forma desordenada, diversos impactos são causados ao ambiente e a saúde humana, como o ruído ambiental. Dentre os problemas associados a este tipo de poluição tem-se distúrbios do sono (BASNER; McGUIRE, 2018), aborrecimento e estresse (PAIVA; CARDOSO; ZANNIN, 2019), alteração metabólica e cardiovascular (van KEMPEN et al., 2018; HUANG et al., 2020).

Nos aglomerados urbanos, as principais fontes de poluição sonora relacionam-se aos meios de transporte, como carros, motos e caminhões (FIEDLER; ZANNIN, 2015; MONTES-GONZÁLEZ et al., 2019; ANDRADE et al., 2021), trens (WOSNIACK; ZANNIN, 2021) e aviões (SOUZA; ZANNIN, 2020). Dentre outros tipos de fontes sonoras importantes nos ambientes urbanos, podem ser citados os sistemas de telecomunicações, cujos estudos na literatura são inexistentes.

Estes sistemas, normalmente compostos por torres e gabinetes, são instalados em regiões distintas das cidades para atender as demandas atuais e futuras de novos contratantes de serviços de telefonia móvel e fixa, além de serviços de internet. Segundo a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), em 2019 cerca de 91,2% da população era coberta com rede de celular móvel (ANATEL, 2021). Em relação ao uso da internet, para o ano de 2018, acima de 79% dos brasileiros tinham acesso a esta tecnologia, com concentração maior de domicílios nas áreas urbanas de grandes regiões do país (IBGE, 2021).

O aumento da demanda de acessos as redes de telefonia móvel exigem que mais equipamentos sejam instalados nos grandes centros demográficos. Com o crescimento do número de equipamentos instalados, ocorre maior potência dissipada internamente nos gabinetes, exigindo do sistema de exaustão melhor performance. Para atender as especificações de temperatura de funcionamento de operação, o sistema de exaustão eleva a velocidade dos ventiladores, que por sua vez emitem maiores níveis de pressão sonora, interferindo no cotidiano dos moradores e na qualidade do som no entorno dessas instalações.

Para eliminar ou minimizar os impactos causados pelo ruído, medidas de controle são necessárias. Simulações em softwares de acústica (NASCIMENTO et al., 2021), implantação de barreiras (ZANNIN et al., 2018), troca de asfalto (MONTES-GONZÁLEZ et al., 2019), entre outras medidas são amplamente conhecidas e utilizadas ao redor do mundo para mitigação do ruído

proveniente de veículos (FIEDLER; ZANNIN, 2015). Outras fontes sonoras pontuais tendem a serem mais complexas e estudos com soluções específicas são necessários.

Diante deste contexto, para preencher esta lacuna, este estudo tem por objetivo avaliar e propor uma solução aplicada ao ruído proveniente de sistemas de telecomunicações, com estudo de caso em duas localidades na região sul do Brasil.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

As medições sonoras foram realizadas em duas estações de transmissão alocadas no sul do Brasil, uma situada na cidade de Guaratuba-PR em meio a um bairro residencial, com residências no entorno, e outra situada em São José-SC, no topo de um prédio residencial. Ambas estações de transmissão possuíam gabinetes metálicos com as mesmas características técnicas. A Figura 1 mostra as localizações das estações.



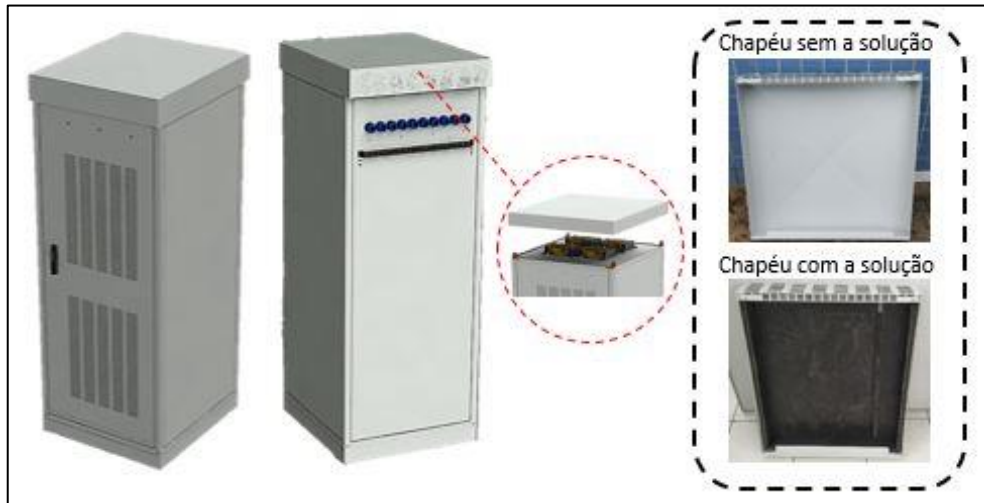
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

2.2 TESTE PILOTO E MEDIÇÕES SONORAS INICIAIS

Os gabinetes metálicos, através do sistema de exaustão composto de ventiladores, indispensáveis para o resfriamento do sistema, são os responsáveis pelas emissões de ruído objeto do estudo. O teste de viabilidade da alteração no gabinete foi realizado, inicialmente, inserindo-se na parte interna do topo de um dos gabinetes, chamada de chapéu, uma placa de lã de vidro de alta densidade (Climaver Acustic 25 mm, 80 kg/m³), com características de absorção sonora (coeficiente de absorção sonora 0,75 = 75% da energia sonora que entra em

contato com a superfície do material é absorvida). Nesta região do topo localiza-se os ventiladores de resfriamento dos gabinetes, conforme detalhe da Figura 2. Um outro gabinete sem alteração no chapéu foi utilizado como padrão para verificar se houve redução dos níveis sonoros. As velocidades de teste dos ventiladores foi a média e máxima. A área de aplicação do teste piloto foi feita em Guaratuba (Figura 1).

Figura 2: Ilustração do tipo de gabinete instalado e detalhe do chapéu com solução absorvente



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

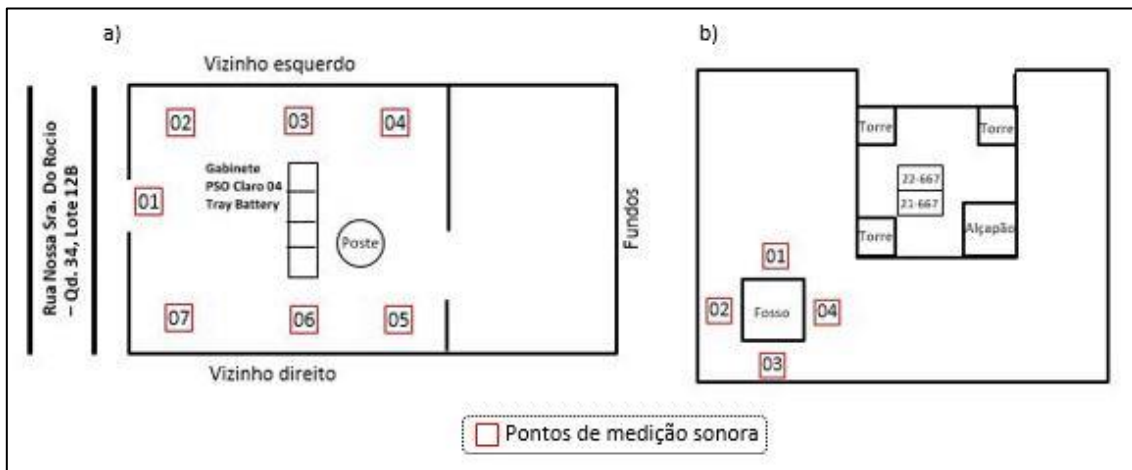
Nesta etapa inicial, utilizou-se o analisador BK 2250 para medições dos níveis sonoros equivalentes (L_{eq}), ponderados na curva “A”, e os resultados foram expressos em dB(A). As medições foram realizadas durante três minutos em cada ponto ao redor do gabinete, total de quatro posições, seguindo-se as recomendações da norma NBR 10.151/2019. O ruído ambiente, ou seja, aquele gerado pelas atividades da área do entorno, foi medido durante dez minutos, com o microfone direcionado para a rua em frente ao terreno. O valor de referência utilizado para avaliar a efetividade da alteração proposta foi de 55 dB(A), conforme recomenda a NBR 10.151/2019 para áreas residenciais durante o dia (ABNT, 2019).

2.3 RECALL DOS GABINETES E MEDIÇÕES FINAIS

Após os testes iniciais, realizou-se a fixação da placa de lã de vidro em todos os gabinetes presentes nas áreas de estudo (*recall*). Nesta etapa o equipamento utilizado nas medições foi o analisador sonoro Minimpa MSL-1350. Seguiram-se os mesmos critérios das medições realizadas na etapa piloto em termos de descritor acústico, tempos de medição e norma de referência.

Na área da estação de Guaratuba (Figura 3a), foram realizadas sete medições ao todo, seis no entorno dos gabinetes e uma próxima ao portão do terreno. Para a estação de São José (Figura 3b), quatro pontos foram selecionados para as medições, no entorno do fosso do prédio, local cujo ruído dos dois gabinetes do local propaga-se para os apartamentos, segundo relato dos moradores.

Figura 3: Croqui dos locais de medição sonora em Guaratuba-PR (a) e São José-SC (b)



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

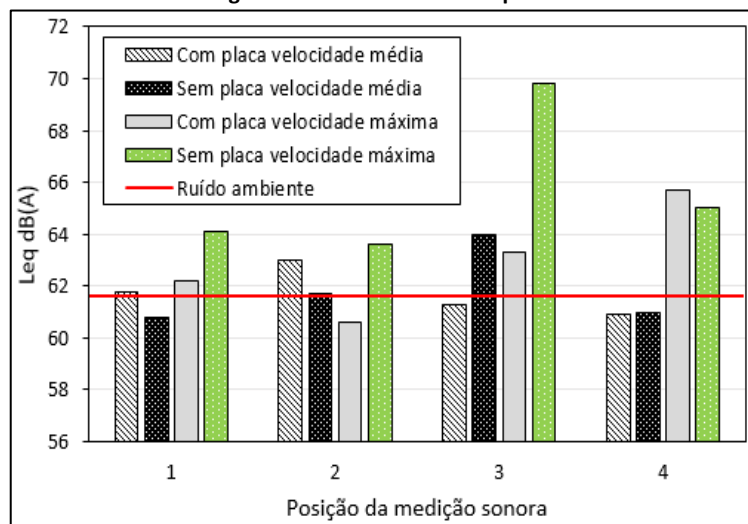
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 TESTE PILOTO

O ruído de fundo medido para a avaliação do teste piloto foi de 61,6 dB(A). Percebe-se que os níveis de pressão sonora do ambiente são bem elevados na localidade. Em frente ao terreno de Guaratuba existe uma avenida com tráfego intenso e contínuo durante boa parte do dia.

Na Figura 4 tem-se os resultados do teste piloto, para as quatro posições do equipamento de medição, comparando as velocidades média e máxima dos ventiladores e os gabinetes com e sem placa de lã de vidro.

Figura 4: Resultados do teste piloto



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na velocidade máxima dos ventiladores, é possível verificar que a solução que possui a placa de lã de vidro mostrou-se eficiente, reduzindo o ruído na posição mais crítica de medição (posição 3) em 6,5 dB(A). Ainda que na posição 4 o valor tenha ficado ligeiramente acima, é muito provável que algum ruído de fundo na região, na hora da medição, tenha interferido

causando essa inconsistência, fato que também pode ser observado na posição 2.

Em relação a velocidade média dos ventiladores, pode-se observar que ambas situações possuem pequenas diferenças entre si e ambas estão muito próximas do ruído ambiente porém, na condição de teste com placa acústica, na posição mais crítica (posição 3), houve um ligeiro destaque em relação ao gabinete sem a placa, fato também verificado no teste com velocidade máxima dos ventiladores.

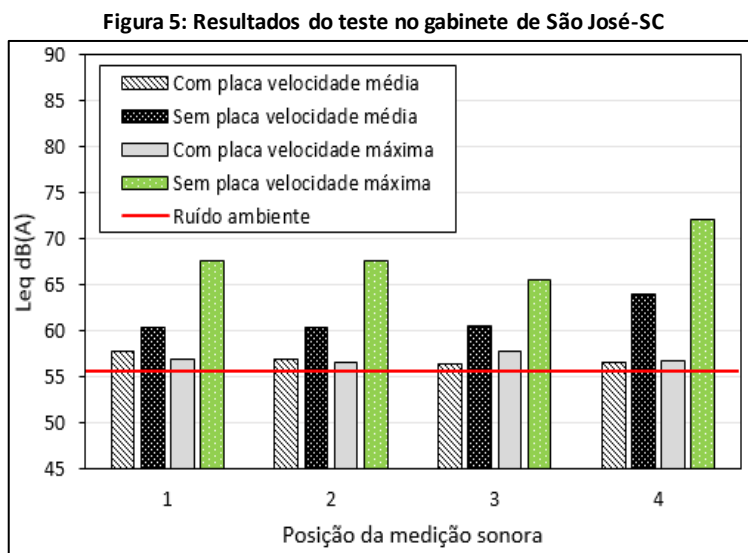
Não somente através dos valores dos níveis sonoros, mas em campo verificou-se uma melhora no som vindo do gabinete com a placa no momento em que os testes estavam sendo realizados, proporcionando um melhor conforto acústico quando o ruído ambiente era mais ameno. Levando-se em consideração os testes preliminares, foi possível verificar a eficiência da solução com absorção acústica. Os gabinetes instalados nas estações do estudo foram submetidos ao *recall*, com a troca de seus chapéus por novos que contenham a solução absorvente de lã de vidro.

3.2 MEDIÇÕES FINAIS APÓS *RECALL* DOS GABINETES EM SÃO JOSÉ-SC

Foram analisados 4 pontos de interesse nesta instalação no entorno de um fosso próximo a dois gabinetes localizados na extremidade esquerda do topo do edifício, antes e após a instalação da placa de lã de vidro. Moradores fizeram reclamação formal apontando que o ruído proveniente do gabinete estava incomodando durante determinados momentos do dia.

Realizou-se a medição do ruído ambiente com o sistema de exaustão dos ventiladores desligado e foi constatado que as rodovias próximas geram grande influência no ruído de fundo. O valor encontrado para o ruído ambiente foi de 55,7 dB(A).

Na Figura 5 tem-se os resultados das medições efetuadas com e sem a solução absorvedora, nas velocidades média e máxima dos ventiladores do sistema de exaustão.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A redução do Leq quando o sistema está operando em velocidade máxima foi significativa, mostrando a eficiência do uso da placa de lã de vidro para esse tipo de aplicação. Tais valores chegaram a uma redução de até 15,5 dB(A), apesar dos valores após instalação da

solução atenuadora, apresentaram resultados acima do valor permitido pela NBR 10151, que é de 55 dB(A). Como apresentado na Figura 5, é possível observar que ruído ambiente também se encontra acima do permitido, pois recebe influência das rodovias próximas.

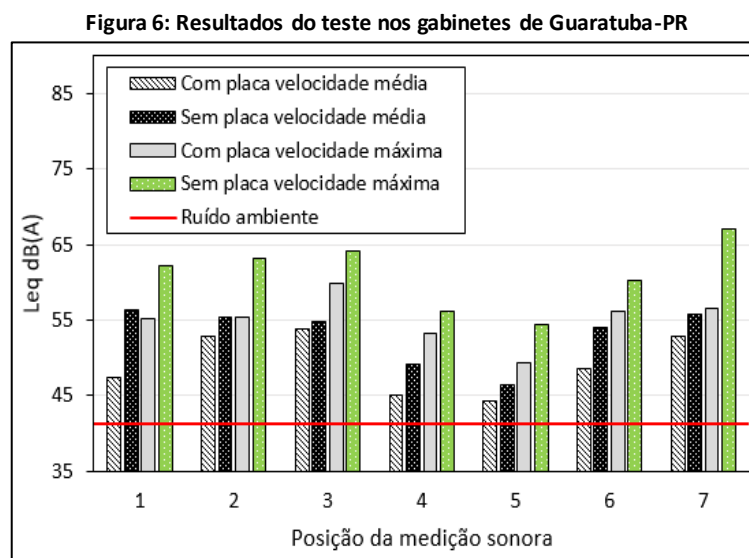
Ainda assim, quando o sistema necessita operar em velocidade máxima, o ruído fica muito próximo do ruído ambiente verificado, neste caso, pode estar havendo conflito entre o valor medido e o ambiente, mostrando que as reduções poderiam ser mais significativas.

Na maior parte do dia o gabinete opera em velocidade média, que também obteve valores muito próximos ao do ruído ambiente e, por consequência, resultando em medições incertas. Entretanto, após a instalação da solução atenuadora, os moradores do edifício argumentaram que houve melhora significativa na qualidade do som vindo da instalação, principalmente no período noturno, que era a principal reclamação.

Isso mostra que outro fator importante em relação a poluição sonora, a parte subjetiva, teve grande contribuição para melhoria no ambiente após a implantação da solução proposta. A questão subjetiva do ruído é amplamente estudada e discutida em avaliação acústica (ZANNIN et al., 2013; PAIVA; CARDOSO; ZANNIN, 2019), sendo tão importante quanto as reduções concretas nos níveis de pressão sonora.

3.3 MEDIÇÕES FINAIS APÓS *RECALL* DOS GABINETES EM GUARATUBA-PR

O valor do ruído ambiente medido para a instalação em Guaratuba foi de 41,2 dB(A). Na Figura 6 verifica-se os resultados das medições efetuadas nos gabinetes com e sem a solução absorvedora, nas velocidades média e máxima, nas sete posições do medidor.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Apesar de alguns pontos estarem acima do valor permitido de 55 dB(A), quando o sistema opera em velocidade máxima, a redução no Leq utilizando a solução atenuadora foi significativa. O sistema de exaustão por característica própria opera em velocidade máxima somente quando as temperaturas externas estão muito elevadas. Durante a maior parte do dia o sistema de exaustão opera na velocidade média, que obteve bons resultados para o nível de pressão sonora equivalente em comparação com o padrão sem a solução.

Os vizinhos constataram que houve uma melhora na qualidade do som ambiente no entorno da instalação, principalmente durante o verão, quando altas temperaturas na região fazem o sistema operar sempre em velocidade máxima.

De maneira geral, a aplicação da placa de lã de vidro se mostrou uma solução eficiente para atenuação do ruído gerado pelos gabinetes. A solução encontrada teve eficiência superior a outras técnicas utilizadas para redução do ruído em ambientes urbanos, como modificação de sistema de exaustão veicular (SHINDE et al., 2017), instalação de asfalto poroso (FIEDLER; ZANNIN, 2015) e implantação de barreiras acústicas (ZANNIN et al., 2018).

4 CONCLUSÃO

A redução do ruído após a instalação do sistema atenuador, tanto para a planta instalada em Guaratuba quanto para a instalação em São José, apesar de não satisfazerem totalmente a NBR 10151, mostraram-se eficientes para os casos em análise. Os valores reduziram na ordem de 6,5 dB(A) em Guaratuba e 7,8 a 15,5 dB(A) em São José, considerando a velocidade máxima dos ventiladores (máxima demanda do sistema de exaustão com maiores níveis sonoros).

Outra questão importante a ser considerada no presente trabalho foi a parte subjetiva do ruído. Os moradores das proximidades dos sistemas relataram que o som proveniente dos gabinetes foi melhorado, reduzindo o incômodo e, reforçando que a solução proposta alcançou resultados positivos.

É recomendável que soluções adicionais sejam implantadas nas áreas de estudo, como aplicação de redutores de velocidade nas vias próximas ou troca de asfalto por um poroso, uma vez que o ruído ambiente dos locais estavam acima do recomendado pela NBR 10151/2019.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ANATEL). **Proporção da população coberta por rede móvel**. Disponível em: <https://dados.gov.br/dataset/proporcao-da-populacao-coberta-por-rede-movel/resource>. Acesso em: 04 mar. 2021.

ANDRADE, E. L.; LIMA, E. A.; SIMONETTI, V. C.; OLIVEIRA, R. A.; ZANNIN, P. H. T.; SILVA, D. C. C.; MARTINS, A. C. G. Influence of the COVID-19 pandemic on the external environmental noise of a public hospital in Sorocaba, Brazil. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 9, n. 69, p. 44-51, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.17271/2318847296920212790>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10151: Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral**. Rio de Janeiro, 2019.

BASNER, M., MCGUIRE, S. WHO environmental noise Guidelines for the European Region: A systematic review on environmental noise and effects on sleep. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, p. 519, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph15030519>.

FIEDLER, P. E. K.; ZANNIN, P. H. T. Evaluation of noise pollution in urban traffic hubs — Noise maps and measurements. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 51, p. 1-9, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.09.014>.

HUANG, T.; CHAN, T-C.; HUANG, Y-J.; PAN, W-C. The Association between Noise Exposure and Metabolic Syndrome: A Longitudinal Cohort Study in Taiwan. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, p. 4236, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17124236>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malhas Territoriais**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais.html>. Acesso em: 21 jun. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Uso de internet, televisão e celular no Brasil**. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/materias-especiais/20787-uso-de-internet-televisao-e-celular-no-brasil>. Acesso em: 04 mar. 2021.

MONTES-GONZÁLEZ, D.; BARRIGÓN-MORILLAS, J. M.; GÓMEZ ESCOBAR, V.; VÍLCHEZ-GÓMEZ, R.; REY-GOZALO, G.; ATANASIO-MORAGA, P.; MÉNDEZ-SIERRA, J. A. Environmental Noise around Hospital Areas: A Case Study. **Environments**, v. 6, p. 41, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/environments6040041>.

NASCIMENTO, E. O.; OLIVEIRA, F. L.; OLIVEIRA, L. N.; ZANNIN, P. H. T. Noise prediction based on acoustic maps and vehicle fleet composition. **Applied Acoustics**, v. 174, p. 107803, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107803>.

PAIVA, K. M.; CARDOSO, M. R. A.; ZANNIN, P. H. T. Exposure to road traffic noise: Annoyance, perception and associated factors among Brazil's adult population. **Science of the Total Environment**, v. 650, p. 978–986, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.041>.

SHINDE, P. V.; GAVALI, P. M.; BARAWADE, R. A.; MOHITE, Y. B.; SHINDE, P. B. A Review on Muffler Design for Exhaust Noise Attenuation. **International Journal of Engineering and Technology**, v. 9, n. 3S, p. 428-431, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21817/ijet/2017/v9i3/170903S066>.

SOUZA, D. O.; ZANNIN, P. H. T. Aircraft noise mapping: Bacacheri Airport. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 8, n. 68, p. 23-30, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.17271/2318847286820202727>.

Van KEMPEN, E.; CASAS, M.; PERSHAGEN, G.; FORASTER, M. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, p. 379, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph15020379>.

WOSNIACK, G.; ZANNIN, P. H. T. Framework to manage railway noise exposure in Brazil based on field measurements and strategic noise mapping at the local level. **Science of the Total Environment**, v. 757, p. 143721, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143721>.

ZANNIN, P. H. T.; ENGEL, M. S.; FIEDLER, P. E. K; BUNN, F. Characterization of environmental noise based on noise measurements, noise mapping and interviews: A case study at a university campus in Brazil. **Cities**, v. 31, p. 317-327, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2012.09.008>.

ZANNIN, P. H. T.; NASCIMENTO, E. O.; PAZ, E. C.; VALLE, F. Application of Artificial Neural Networks for Noise Barrier Optimization. **Environments**, v. 5, p. 135, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/environments5120135>.